

LEINE & WAGNER

PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT & TRADEMARK ATTORNEYS

Dipl.-Ing. Sigurd Leine
Dipl.-Ing. Carsten Wagner

Burckhardtstraße 1
D-30163 Hannover

Telefon (05 11) 62 30 05
Telefax (05 11) 62 21 05

Unser Zeichen

Datum

feinfocus Röntgen-Systeme GmbH

970/003 06.11.2003

cw/ze

Microfocus-Röntgeneinrichtung

Die Erfindung betrifft eine Mikrofocus-Röntgeneinrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art sowie ein Verfahren zur Regelung der Intensität der durch eine Mikrofocus-Röntgeneinrichtung erzeugten Röntgenstrahlung der im Oberbegriff des Anspruchs 24 genannten Art.

Mikrofocus-Röntgeneinrichtungen sind allgemein bekannt, beispielsweise durch US 4,344,013, und werden beispielsweise zum Prüfen von Leiterplatten in der Elektronikindustrie eingesetzt. Entsprechende Mikrofocus-Röntgeneinrichtungen sind ferner auch durch EP 0 815 582 B1, WO 96/29723 und DE 32 225 11 A1 bekannt.

Es sind Mikrofocus-Röntgeneinrichtungen der betreffenden Art bekannt, die ein Target und Mittel zur Beaufschlagung des Targets mit einem Targetstrom aufweisen. Die bekannten Mikrofocus-Röntgeneinrichtungen weisen ferner Mittel zur Regelung der Intensität (Dosisrate) der erzeugten Röntgenstrahlung auf. Diese Mittel sind bei den bekannten Röntgeneinrichtungen beispielsweise dadurch gebildet, daß ein von einem Filament ausgehender Emissionsstrom geregelt wird.

Ein Nachteil der bekannten Mikrofocus-Röntgeneinrichtungen besteht darin, daß die erzielte Regelung keine ausreichende Zuverlässigkeit aufweist. Dies führt dazu, daß sich beispielsweise bei Untersuchung eines elektronischen Bauteiles im Verlaufe der Untersuchung

die Bildhelligkeit ändert. Dies schränkt insbesondere die Möglichkeiten einer automatischen Bildverarbeitung, die eine konstante oder nahezu konstante Bildhelligkeit voraussetzt, in erheblichem Maße ein.

- 5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Mikrofocus-Röntgeneinrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art anzugeben, bei der die Zuverlässigkeit der Regelung erhöht ist.

- 10 Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebene Lehre gelöst: Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Regelung der Intensität (Dosisrate) der von einer Mikrofocus-Röntgeneinrichtung erzeugten Röntgenstrahlung ist im Anspruch 24 angegeben.

- 15 Der Grundgedanke der erfindungsgemäßen Lehre besteht darin, die Intensität der Röntgenstrahlung (Dosisrate) dadurch zu regeln, daß wenigstens ein Parameter des Targetstromes, insbesondere die Stromstärke des Targetstromes, geregelt wird. Durch Regelung des Targetstromes ist die Intensität (Dosisrate) der durch
20 die Röntgenröhre erzeugten Röntgenstrahlung mit hoher Konstanz und Zuverlässigkeit regelbar. Damit ist die erfindungsgemäße Röntgeneinrichtung insbesondere in Bereichen gut einsetzbar, in denen es besonders auf eine hohe Konstanz der Intensität der erzeugten Rönt-
25 genstrahlung ankommt. Insbesondere ist die erfindungsgemäße Röntgeneinrichtung besonders gut bei der Untersuchung elektronischer Bauteile einsetzbar, bei der Verfahren der automatischen Bildverarbeitung zur Anwendung kommen, die nur dann mit hinreichender Zuverlässigkeit anwendbar sind, wenn die Intensität der erzeug-
30 ten Röntgenstrahlung hinreichend konstant sind.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Lehre besteht darin, daß aufgrund der Regelung des Targetstromes weder das thermische Verhalten der Röntgenröhre

und eines zugehörigen Hochspannungsgenerators noch eine Alterung der Komponenten der Röntgeneinrichtung die Intensität der erzeugten Röntgenstrahlung in wesentlichem Maße beeinflussen. Auch ein Wechsel zwischen unterschiedlichen Betriebsarten der Röntgeneinrichtung mit unterschiedlichen Brennfleckgrößen führt bei einer Regelung des Targetstromes nicht zu einer wesentlichen Änderung der Intensität der erzeugten Röntgenstrahlung.

Erfindungsgemäß können beliebige Parameter des Targetstromes geregelt werden. Da es sich bei dem Targetstrom in der Regel um einen Gleichstrom handeln wird, ist es besonders zweckmäßig, die Stromstärke des Targetstromes zu regeln. Handelt es sich demgegenüber bei dem Targetstrom beispielsweise um einen gepulsten Strom, so können beispielsweise die Pulsdauer oder das Tastverhältnis des Targetstromes geregelt werden. Handelt es sich bei dem Targetstrom um einen Wechselstrom, so können beispielsweise die Amplitude und/oder die Frequenz des Targetstromes geregelt werden.

Erfindungsgemäß ist es möglich, den oder die zu regelnden Parameter des Targetstromes unmittelbar zu erfassen, beispielsweise bei Regelung der Stromstärke des Targetstromes dadurch, daß die Stromstärke des Targetstromes gemessen wird. Erfindungsgemäß ist es jedoch auch möglich, den zu regelnden Parameter des Targetstromes indirekt zu erfassen. Wird die Stromstärke des Targetstromes geregelt, so ist es beispielsweise möglich, die Stromstärke des Targetstromes indirekt dadurch zu erfassen, daß von dem Targetstrom rückgestreute Elektronen und damit ein "Abbild" der Stromstärke des Targetstromes zu erfassen.

Eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß das Target elektrisch gegen einen Grundkörper der Röntgenröhre isoliert an dem Grundkörper

angeordnet ist. Bei dieser Ausführungsform ist die Stromstärke des Targetstromes mit besonders hoher Zuverlässigkeit meßbar und als Istwert für die Regelung verwendbar.

5 Zweckmäßigerweise ist ein Stromsensor zur Erfassung eines Istwertes der Stromstärke des Targetstromes vorgesehen. Der von dem Stromsensor erfaßte Istwert des Targetstromes kann bei dieser Ausführungsform unmittelbar als Istwert für die Regelung des Targetstromes herangezogen werden. Es ist jedoch auch möglich, die Regelung des Targetstromes auf einer anderen Größe zu basieren, beispielsweise einer von dem Targetstrom abhängigen elektrischen Größe. Insbesondere ist es möglich, den gemessenen Targetstrom in eine Spannung zu wandeln
10 und diese Spannung als Istwert für die Regelung heranzuziehen.
15

 Zweckmäßigerweise weisen die Mittel zur Regelung des Targetstromes eine Regeleinrichtung auf.

 Eine Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform sieht vor, daß die Regeleinrichtung einen erfaßten Istwert des Targetstromes mit einem vorgegebenen Sollwert des Targetstromes vergleicht und eine Stellgröße derart verändert, daß die Differenz zwischen dem Sollwert und dem Istwert minimiert wird. Bei der vorgenannten Ausführungsform kann die Regelung auch auf Basis
20 von elektrischen Größen erfolgen, die von dem Targetstrom abhängig sind. Insbesondere kann der erfaßte Istwert des Targetstromes in eine Spannung gewandelt werden, die dann als Istwert der Regeleinrichtung zugeführt wird, die diese Spannung mit einem vorgegebenen Sollwert einer von einem Sollwert des Targetstromes abhängigen Spannung vergleicht und die Stellgröße derart verändert, daß die Differenz zwischen dem Sollwert und dem Istwert minimiert wird.
25
30

Zweckmäßigerweise weist die Mikrofocus-Röntgeneinrichtung einen Hochspannungsgenerator zum Erzeugen einer vorzugsweise im wesentlichen konstanten Hochspannung auf, durch die zum Erzeugen eines Emissionsstromes der Röntgenröhre Elektronen, vorzugsweise aus einer Kathode freigesetzte Elektronen, in Richtung auf das Target beschleunigbar sind.

Um eine besonders einfache und zuverlässige Regelung des Targetstromes zu erzielen, sieht eine Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform vor, daß die Stellgröße der Emmissionsstrom ist.

Eine andere Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß die Regeleinrichtung eine elektrische oder elektronische Schaltung aufweist, die einen Regler bildet. Bei dieser Ausführungsform ist der Regler durch Hardware realisiert.

Entsprechend den jeweiligen Anforderungen kann die Regeleinrichtung jedoch auch durch Software realisiert sein. Hierzu sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre vor, daß die Regeleinrichtung eine elektronische Schaltung aufweist, die durch eine Regelungssoftware steuerbar ist, derart, daß die Regelung softwaregesteuert erfolgt. Ein besonderer Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß die Regelung des Targetstromes durch Veränderung der Software auf einfache Weise veränderbar ist.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsformen sieht vor, daß die elektronische Schaltung einen Mikrocontroller oder dergleichen aufweist. Derartige Mikrocontroller stehen als einfache und kostengünstige Standardbauteile zur Verfügung.

Grundsätzlich kann die Regelung des Targetstromes während des Betriebs der Röntgeneinrichtung stets eingeschaltet sein. Eine besonders vorteilhafte Weiter-

bildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht jedoch vor, daß die Regelung des Targetstromes ein- und ausschaltbar ist. Bei dieser Ausführungsform kann das Ein- bzw. Ausschalten der Regelung des Targetstromes durch einen Benutzer und/oder automatisch erfolgen. Die Regelung des Targetstromes kann beispielsweise dann ausgeschaltet werden, wenn eine stabile Regelung des Targetstromes nicht möglich ist, beispielsweise wegen momentaner Betriebsparameter der Röntgeneinrichtung, um einer Fehlfunktion der Regelung vorzubeugen.

Eine Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform sieht vor, daß bei ausgeschalteter Regelung des Targetstromes eine weitere Regeleinrichtung den Emissionsstrom der Röntgenröhre regelt. Bei dieser Ausführungsform wird nach einem Ausschalten der Regelung des Targetstromes der Emissionsstrom der Röntgenröhre geregelt. Wenn auch durch Regelung des Emissionsstromes nicht mit hinreichender Genauigkeit eine Regelung der Intensität der erzeugten Röntgenstrahlung möglich ist, so ist gleichwohl durch die Regelung des Emissionsstromes sichergestellt, daß Schwankungen der Intensität sich in einem gewissen Rahmen halten.

Eine andere Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß ein beim Einschalten der Regelung des Targetstromes momentan fließender Targetstrom den Sollwert des Targetstromes bildet. Diese Ausführungsform ermöglicht es, die beim Einschalten der Regelung vorliegende Intensität der Röntgenstrahlung und damit die vorliegende Bildhelligkeit konstant zu halten.

Eine andere Weiterbildung der Ausführungsform mit der Regelung des Emissionsstromes sieht vor, daß ein beim Ausschalten der Regelung des Targetstromes momentan fließender Emissionsstrom einen Sollwert für die Regelung des Emissionsstromes durch die weitere Regel-

einrichtung bildet. Bei dieser Ausführungsform ändert sich beim Ausschalten der Regelung des Targetstromes die Bildhelligkeit nicht.

5 Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß die Regeleinrichtung den Targetstrom so regelt, daß ein Überschreiten einer vorgegebenen oder vorgebbaren maximalen elektrischen Leistung des Targets verhindert ist. Bei dieser Ausführungsgestaltung ist eine Beschädigung des Targets durch
10 einen elektrischen Überlastung, die beispielsweise durch ein Überspringen beim Einschalten auftreten könnte, zuverlässig vermieden.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sieht vor, daß ein Einschalten der
15 Regelung des Targetstromes nach einem Einschalten der Mikrofocus-Röntgenröhre zeitlich verzögert erfolgt. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die Regelung des Targetstromes erst dann aktiviert wird, wenn ein stabiler Betrieb der Regelung möglich ist.

20 Eine Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform sieht vor, daß das Einschalten erfolgt, wenn der Emissionsstrom einen vorgegebenen oder vorgebbaren Sollwert erreicht. Bei dieser Ausführungsgestaltung ist sichergestellt, daß die Regelung nicht etwa zu einem
25 Zeitpunkt aktiviert wird, zu dem noch kein Emissionsstrom fließt.

Da die Eigenschaften der durch den Hochspannungsgenerator, das zugehörige Hochspannungskabel und die Röntgenröhre gebildeten Regelstrecke der Regelung des
30 Targetstromes u. U. in erheblichem Maße von der Hochspannung abhängig sind, sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre vor, daß Regelparameter der Regeleinrichtung in Abhängigkeit von der Hochspannung veränderbar sind.

Insbesondere sieht eine Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform vor, daß bei einer Verringerung der Hochspannung die Regelparameter so verändert werden, daß die Trägheit der Regelung erhöht ist, und daß
5 bei einer Erhöhung der Hochspannung die Regelparameter so verändert werden, daß die Trägheit der Regelung verringert ist. Bei dieser Ausführungsform wird die Trägheit der Regelung an die hinsichtlich der Hochspannung in der Röntgenröhre herrschenden Verhältnisse angepaßt.

10 Falls entsprechend den jeweiligen Anforderungen erforderlich, kann die Röntgenröhre Mittel aufweisen, durch die der Emissionsstrom derart ablenkbar oder blockierbar ist, daß ein Auftreffen des Emissionsstromes auf das Target im wesentlichen verhindert ist.

15 Eine Weiterbildung der vorgenannten Ausführungsform sieht vor, daß bei Aktivierung der Mittel, durch die der Emissionsstrom ablenkbar oder blockierbar ist, ein Ausschalten der Regelung des Targetstromes erfolgt. Auf diese Weise sind Fehlfunktionen der Regelung zu-
20 verlässig vermieden.

Gemäß einer anderen Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lehre sind Mittel vorgesehen, die feststellen, ob an dem Target ein Kurzschluß vorliegt, wobei die Mittel bei Feststellung eines Kurzschlusses die Regelung des Targetstromes ausschalten. Auf diese Weise ist
25 verhindert, daß das Target im Falle eines Kurzschlusses, bei dem der Targetstrom ganz oder teilweise abgeleitet wird, durch einen zu hohen Targetstrom zerstört wird.

30 Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Regelung der Intensität der von einer Röntgeneinrichtung erzeugten Röntgenstrahlung ist im Anspruch 24 angegeben.

Vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen der Lehre des Anspruchs 24 sind in den Unteransprüchen 25

bis 39 angegeben.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung näher erläutert, deren einzige Figur ein stark schematisiertes Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Röntgeneinrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt. Dabei bilden alle beschriebenen oder in der Zeichnung dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Mikrofokus-Röntgeneinrichtung 2 dargestellt, die nachfolgend kurz als Röntgeneinrichtung bezeichnet wird. Die Röntgeneinrichtung weist eine Röntgenröhre 4 auf, die ein Target 6 aufweist, das an einem Grundkörper 8 der Röntgenröhre 4 angeordnet ist. Aus der Zeichnung ist nicht ersichtlich und deshalb wird hier erläutert, daß das Target 6 elektrisch isoliert gegen den Grundkörper 8 der Röntgenröhre 4 an dem Grundkörper 8 angeordnet ist. Die Isolierung kann beispielsweise aus Keramik oder dergleichen bestehen.

Die Röntgeneinrichtung 2 weist ferner Mittel zur Beaufschlagung des Targets 6 mit einem Targetstrom auf, die einen als Kathode geschalteten Heizfaden 10 aufweisen. Die Mittel zur Beaufschlagung des Targets 6 mit einem Targetstrom weisen ferner einen Hochspannungsgenerator 12 zum Erzeugen einer veränderbaren, nach einer Veränderung jedoch im wesentlichen konstanten Hochspannung auf, mittels derer in einem im Inneren des Grundkörpers 4 herrschenden Vakuum aus dem Heizfaden 10 freigesetzte Elektronen in Richtung auf das Target 6

beschleunigt werden, wobei beim Auftreffen der Elektronen auf das Target 6 in dem Fachmann allgemein bekannter Weise Röntgenstrahlung entsteht.

Die aus dem Heizfaden 10 austretenden und durch
5 die Hochspannung in Richtung auf das Target 6 beschleunigten Elektronen bilden einen Emissionsstrom 14, der mittels einer Spule 16 fokussiert wird. In Bewegungsrichtung der Elektronen hinter der Spule 16 ist eine Lochblende 18 angeordnet, die dazu dient, den Durchmesser des Elektronenstrahles derart zu verringern, daß
10 die Röntgenröhre einen Brennfleck mit einem Durchmesser von $\leq 200 \mu\text{m}$, insbesondere $\leq 10 \mu\text{m}$, aufweist, so daß die Röntgenröhre 4 als Mikrofocus-Röntgenröhre ausgebildet ist. Derjenige Teil des Emissionsstromes, der
15 das Target 6 erreicht, bildet einen Targetstrom.

Die Röntgeneinrichtung 2 weist ferner Mittel zur Regelung der Intensität (Dosisrate) der erzeugten Röntgenstrahlung, die in der Zeichnung durch das Bezugszeichen 20 symbolisiert ist, auf, wobei die Mittel erfindungsgemäß Mittel zur Regelung der Stromstärke des Targetstromes aufweisen. Bei dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel ist der zu regelnde Parameter des Targetstromes die Stromstärke des Targetstromes. Die Mittel zur Regelung des Targetstromes weisen bei diesem Ausführungsbeispiel eine Regeleinrichtung 22 auf, die bei diesem Ausführungsbeispiel einen Mikrocontroller aufweist, der durch eine Regelungssoftware steuerbar ist, derart, daß die Regelung der Stromstärke des Targetstromes softwaregesteuert erfolgt.

Die Röntgeneinrichtung 2 weist ferner einen Sensor
30 24 auf, der den Targetstrom an dem Target 6 abfühlt und einem Meßverstärker 26 zuführt. Der Meßverstärker 26 verstärkt den gemessenen Targetstrom, wobei das Ausgangssignal des Meßverstärkers einen Istwert der Strom-

stärke des Targetstromes bildet, der einem Eingang 28 der Regeleinrichtung 22 zugeführt wird. Der Regeleinrichtung 22 wird ferner über einen weiteren Eingang 30 ein Sollwert der Stromstärke des Targetstromes zugeführt, wobei die Regeleinrichtung 22 den erfaßten Istwert des Targetstromes mit dem Sollwert des Targetstromes vergleicht und eine Stellgröße derart verändert, daß die Differenz zwischen dem Sollwert und dem Istwert minimiert wird.

Bei dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel bildet der Emmissionsstrom die Stellgröße der Regelung. Wie allgemein bekannt, wird der Emmissionsstrom dadurch erzeugt, daß aus dem Heizfaden 10 Elektronen austreten, die durch die von dem Hochspannungsgenerator 12 erzeugte Hochspannung in Richtung auf das Target beschleunigt werden. In der Zeichnung ist nicht dargestellt und deshalb wird hier erläutert, daß in Bewegungsrichtung der Elektronen hinter dem Heizfaden 10 ein Gitter oder dergleichen angeordnet ist, an das eine ebenfalls von dem Hochspannungsgenerator 12 erzeugte Spannung anlegbar ist. Durch Veränderung der Spannung an dem Gitter ist der Emmissionsstrom veränderbar, wobei sich der Emmissionsstrom bei Erhöhung der an das Gitter angelegten Spannung verringert und bei Verringerung der an das Gitter angelegten Spannung erhöht.

Zur Beeinflussung der Stellgröße ist ein Ausgang 32 der Regeleinrichtung 22 mit einem Steuereingang 34 des Hochspannungsgenerators 12 verbunden, wobei die an das Gitter angelegte Spannung und damit der Emmissionsstrom über den Steuereingang 34 veränderbar ist.

Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Röntgeneinrichtung 2 ist wie folgt:

Bei Betrieb der Röntgeneinrichtung 2 wird der

Heizfaden 10 so beheizt, daß im Vakuum Elektronen aus dem Heizfaden 10 austreten. Über den Hochspannungsgenerator wird zwischen dem als Anode geschalteten Target 6 und dem als Kathode geschalteten Heizfaden 10 eine
5 Hochspannung erzeugt, aufgrund derer die aus dem Heizfaden 10 austretenden Elektronen in Richtung auf das Target 6 beschleunigt werden und einen Emissionsstrom der Röntgenröhre 4 bilden. Der Emissionsstrom 14 wird über die Spule 16 und die Blende 18 fokussiert, wobei
10 ein das Target erreichender Teil des Emissionsstromes 14 den Targetstrom bildet. Beim Auftreffen auf das Target 6 erzeugen die Elektronen in dem Fachmann bekannter Weise die Röntgenstrahlung 20, die bei dem Ausführungsbeispiel zur Untersuchung von elektronischen Bauteilen
15 verwendet wird.

Bei Betrieb der Röntgeneinrichtung 2 fühlt der Sensor 24 den Targetstrom ab, der nach einer Verstärkung durch den Meßverstärker 26 als erfaßter Istwert des Targetstromes an den Eingang 28 der Regeleinrichtung 22 angelegt wird. Die Regeleinrichtung 22 ver-
20 gleicht den erfaßten Istwert mit einem an dem Eingang 30 anliegenden Sollwert und minimiert die Differenz zwischen dem vorgegebenen oder vorgebbaren Sollwert und dem erfaßten Istwert.

25 Wird über die Regeleinrichtung 22 festgestellt, daß sich der Istwert des Targetstromes verringert, was eine Verringerung der Helligkeit eines mittels der Röntgenstrahlung 20 erzeugten Bildes zur Folge hätte, so erhöht die Regeleinrichtung 22 wie in der oben be-
30 schriebenen Weise den Emissionsstrom. Infolgedessen steigt die Stromstärke des Targetstromes so lange an, bis die Differenz zwischen dem erfaßten Istwert des Targetstromes und dem Sollwert null wird. Steigt demgegenüber die Stromstärke des Targetstromes an, so ver-

ringert die Regeleinrichtung 22 den Emmissionsstrom über den Steuereingang 34, so daß die Stromstärke des Targetstromes abnimmt, bis die Differenz zwischen dem erfaßten Istwert und dem Sollwert null wird.

5 Auf diese Weise wird der Targetstrom geregelt und mit hoher Genauigkeit konstant gehalten, so daß die Intensität (Dosisrate) zu der erzeugten Röntgenstrahlung konstant gehalten wird. Demzufolge bleibt die Hel-
10 ligkeit eines mittels der Röntgenstrahlung zur Untersuchung eines elektronischen Bauteiles erzeugten Bildes konstant, so daß eine Auswertung des Bildes mittels einer automatischen Bildverarbeitung ermöglicht bzw. wesentlich vereinfacht ist.

15 Die Regeleinrichtung 22 ist bei diesem Ausführungsbeispiel so ausgebildet, daß die Regelung des Targetstromes ein- und ausschaltbar ist.

20 Erfindungsgemäß wird die Regelung des Targetstromes nach einem Einschalten der Röntgenröhre 4 zeitlich verzögert eingeschaltet, um eine Fehlfunktion der Regelung während eines Anlaufens der Röntgeneinrichtung 2, bei dem die Röntgenröhre 4 für den Betrieb vorbereitet wird (warm up), die Spannung an dem Heizfaden 10 eingestellt wird (filament adjust) und der Elektronenstrahl zentriert wird, zu verhindern. Bei dem Ausführungsbeispiel wird der Emissionsstrom gemessen und die Regelung
25 dann eingeschaltet, wenn der Emissionsstrom einen vorgegebenen oder vorgebbaren Sollwert erreicht hat.

30 Bei dem Ausführungsbeispiel bildet ein beim Einschalten der Regelung des Targetstromes momentan fließender Targetstrom den Sollwert des Targetstromes, der dem Steuereingang 30 der Regeleinrichtung 22 zugeführt wird.

Ferner wird bei dem Ausführungsbeispiel bei ausgeschalteter Regelung des Targetstromes durch eine weite-

re, in der Zeichnung nicht dargestellte Regeleinrichtung der Emissionsstrom der Röntgenröhre geregelt, wobei ein beim Ausschalten der Regelung des Targetstromes momentan fließender Emissionsstrom einen Sollwert für
5 die Regelung des Emissionsstromes durch die weitere Regeleinrichtung vorgibt. Auf diese Weise ist eine Veränderung der Bildhelligkeit bei einem Ausschalten der Regelung des Targetstromes vermieden.

Ferner wird bei dem Ausführungsbeispiel bei einer
10 Änderung des Sollwertes der nach der Änderung wieder im wesentlichen konstanten Hochspannung die Regelung des Targetstromes ausgeschaltet, bis ein neuer Sollwert der Hochspannung erreicht ist. Weiterhin sind bei dem Ausführungsbeispiel Regelparameter der Regeleinrichtung 22
15 in Abhängigkeit von der von dem Hochspannungsgenerator 12 erzeugten Hochspannung veränderbar, und zwar derart, daß bei einer Verringerung der Hochspannung die Regelparameter so verändert werden, daß die Trägheit der
20 Regelung erhöht ist, und daß bei einer Erhöhung der Hochspannung die Regelparameter so verändert werden, daß die Trägheit der Regelung verringert ist.

Aus der Zeichnung ist nicht ersichtlich und deshalb wird hier erläutert, daß die Röntgenröhre 4 Mittel aufweist, durch die der Emissionsstrom derart ablenkbar
25 oder blockierbar ist, daß ein Auftreffen des Emissionsstromes auf das Target im wesentlichen verhindert ist. Bei Aktivierung dieser auch als Shutter bezeichneten Mittel wird die Regelung des Targetstromes bei dem Ausführungsbeispiel ausgeschaltet.

30 Um das Target 6 vor einer Beschädigung zu schützen, regelt bei dem Ausführungsbeispiel die Regeleinrichtung 22 den Targetstrom so, daß ein Überschreiten einer vorgegebenen oder vorgebbaren maximalen elektrischen Leistung des Targets verhindert wird. Ferner wird

durch in der Zeichnung nicht dargestellte Mittel festgestellt, ob an dem Target 6 ein Kurzschluß vorliegt, wobei diese Mittel bei Feststellung eines Kurzschlusses die Regelung eines Targetstromes ausschalten. Auf diese
5 Weise ist bei dem Ausführungsbeispiel eine Beschädigung oder Zerstörung des Targets durch eine Überlastung zuverlässig vermieden.

Die erfindungsgemäße Röntgeneinrichtung 2 ermöglicht auf einfache und zuverlässige Weise eine Regelung
10 der Intensität (Dosisrate) der erzeugten Röntgenstrahlung.

LEINE & WAGNER

PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT & TRADEMARK ATTORNEYS

Dipl.-Ing. Sigurd Leine
Dipl.-Ing. Carsten Wagner

Burckhardtstraße 1 Telefon (05 11) 62 30 05
D-30163 Hannover Telefax (05 11) 62 21 05

Unser Zeichen Datum

feinfocus Röntgen-Systeme GmbH 970/003 06.11.2003
cw/ze

Patentansprüche

1. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung,

mit einer Röntgenröhre, die ein Target aufweist,

5 mit Mitteln zur Beaufschlagung des Targets mit einem
Targetstrom und

mit Mitteln zur Regelung der Intensität (Dosisrate) der
erzeugten Röntgenstrahlung,

10

dadurch gekennzeichnet,

daß die Mittel zur Regelung der Intensität der Röntgen-
strahlung (20) Mittel zur Regelung wenigstens eines

15

Parameters des Targetstromes, insbesondere der Strom-
stärke des Targetstromes, aufweisen.

2. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß das Target (6) elektrisch

20

gegen einen Grundkörper (8) der Röntgenröhre (4) iso-
liert an dem Grundkörper (8) angeordnet ist.

3. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,

gekennzeichnet durch einen Stromsensor (24) zur Erfas-

25

sung eines Istwertes der Stromstärke des Targetstromes.

4. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung des Targetstromes eine Regeleinrichtung (22) aufweisen.
- 5 5. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (22) einen erfaßten Istwert des Targetstromes mit einem vorgegebenen Sollwert des Targetstromes vergleicht und eine Stellgröße derart verändert, daß die Differenz
10 zwischen dem Sollwert und dem Istwert minimiert wird.
6. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Hochspannungsgenerator (12) zum Erzeugen einer vorzugsweise im wesentlichen konstanten Hochspannung, durch die zum Erzeugen eines
15 Emissionsstromes (14) der Röntgenröhre (4) Elektronen, vorzugsweise aus einer Kathode freigesetzte Elektronen, in Richtung auf das Target (6) beschleunigbar sind.
- 20 7. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellgröße der Emissionsstrom ist.
8. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 4,
25 dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (22) eine elektrische oder elektronische Schaltung aufweist, die einen Regler bildet.
9. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 4,
30 dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (22) eine elektronische Schaltung aufweist, die durch eine Regelungssoftware steuerbar ist, derart, daß die Regelung softwaregesteuert erfolgt.

10. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 8
dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Schaltung einen Mikrocontroller oder dergleichen aufweist.
- 5 11. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Targetstromes ein- und ausschaltbar ist.
- 10 12. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß bei ausgeschalteter Regelung des Targetstromes eine weitere Regeleinrichtung den Emissionsstrom (14) der Röntgenröhre (4) regelt.
- 15 13. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß ein beim Einschalten der Regelung des Targetstromes momentan fließender Targetstrom den Sollwert des Targetstromes bildet.
- 20 14. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, daß ein beim Ausschalten der Regelung des Targetstromes momentan fließender Emissionsstrom (14) einen Sollwert für die Regelung des Emissionsstromes (14) durch die weitere Regeleinrichtung bildet.
- 25 15. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (22) den Targetstrom so regelt, daß ein Überschreiten einer vorgegebenen oder vorgebbaren maximalen elektrischen
30 Leistung des Targets (6) verhindert ist.
16. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß ein Einschalten der Regelung des Targetstromes nach einem Einschalten der Mi-

krofocus-Röntgenröhre (4) zeitlich verzögert erfolgt.

17. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, daß das Einschalten erfolgt,
5 wenn der Emissionsstrom (14) einen vorgegebenen oder
vorgebbaren Sollwert erreicht.

18. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch
11, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Änderung des
10 Sollwertes der Hochspannung ein Ausschalten der Rege-
lung des Targetstromes erfolgt, bis ein neuer Sollwert
der Hochspannung erreicht ist.

19. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch
15 6, dadurch gekennzeichnet, daß Regelparameter der Re-
geleinrichtung (22) in Abhängigkeit von der Hochspan-
nung veränderbar sind.

20. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 19,
20 dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Verringerung der
Hochspannung die Regelparameter so verändert werden,
daß die Trägheit der Regelung erhöht ist, und daß bei
einer Erhöhung der Hochspannung die Regelparameter so
verändert werden, daß die Trägheit der Regelung verrin-
25 gert ist.

21. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenröhre (4) Mittel
aufweist, durch die der Emissionsstrom derart ablenkbar
30 oder blockierbar ist, daß ein Auftreffen des Emissions-
stromes (14) auf das Target (6) im wesentlichen verhin-
dert ist.

22. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch

21, dadurch gekennzeichnet, daß bei Aktivierung der Mittel, durch die der Emissionsstrom (14) ablenkbar oder blockierbar ist, ein Ausschalten der Regelung des Targetstromes erfolgt.

5

23. Mikrofocus-Röntgeneinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die feststellen, ob an dem Target (6) ein Kurzschluß vorliegt, und daß die Mittel bei Feststellung eines Kurzschlusses die Regelung des Targetstromes ausschalten.

10

24. Verfahren zur Regelung der Intensität (Dosisrate) der durch eine Röntgenröhre einer Mikrofocus-Röntgeneinrichtung erzeugten Röntgenstrahlung,

15

wobei die Röntgenröhre ein Target und Mittel zur Beaufschlagung des Targets mit einem Targetstrom aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

20

daß zur Regelung der Intensität der Röntgenstrahlung wenigstens ein Parameter des Targetstromes, insbesondere die Stromstärke des Targetstromes, geregelt wird.

25

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß ein Istwert der Stromstärke des Targetstromes erfaßt wird.

30

26. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß ein erfaßter Istwert des Targetstromes mit einem vorgegebenen Sollwert des Targetstromes verglichen und eine Stellgröße derart verändert wird, daß die Differenz zwischen dem Sollwert und dem Istwert minimiert wird.

27. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines Hochspannungsgenerators eine vorzugsweise im wesentlichen konstante Hochspannung erzeugt wird, durch die Elektronen, vorzugsweise aus einer Kathode freigesetzte Elektronen, zum Erzeugen eines Emissionsstromes der Röntgenröhre in Richtung auf das Target beschleunigt werden.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß als Stellgröße der Emissionsstrom verwendet wird.

29. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Targetstromes ein- und ausschaltbar ist.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß bei ausgeschalteter Regelung des Targetstromes der Emissionsstrom der Röntgenröhre geregelt wird.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß ein beim Einschalten der Regelung des Targetstromes momentan fließender Targetstrom als Sollwert des Targetstromes verwendet wird.

32. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß ein beim Ausschalten der Regelung des Targetstromes momentan fließender Emissionsstrom als Sollwert für die Regelung des Emissionsstromes verwendet wird.

33. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Targetstrom so geregelt wird, daß ein Überschreiten einer vorgegebenen oder vorgebbaren maximalen elektrischen Leistung des Targets verhindert

wird.

5 34. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Einschalten der Mikrofocus-Röntgenröhre die Regelung des Targetstromes zeitlich verzögert eingeschaltet wird.

10 35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Targetstromes eingeschaltet wird, wenn der Emissionsstrom einen vorgegebenen oder vorgebbaren Sollwert erreicht.

15 36. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Änderung des Sollwertes der Hochspannung die Regelung des Targetstromes ausgeschaltet wird, bis ein neuer Sollwert der Hochspannung erreicht ist.

20 37. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß Regelparameter der Regelung in Abhängigkeit von der Hochspannung verändert werden.

25 38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Verringerung der Hochspannung die Regelparameter so verändert werden, daß die Trägheit der Regelung erhöht wird, und daß bei einer Erhöhung der Hochspannung die Regelparameter so verändert werden, daß die Trägheit der Regelung verringert wird.

30 39. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Ablenkung oder Blockierung des Emissionsstromes derart, daß ein Auftreffen des Emissionsstromes auf das Target im wesentlichen verhindert wird, die Regelung des Targetstromes abgeschaltet wird.

40. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß festgestellt wird, ob an dem Target ein Kurzschluß vorliegt, und daß bei Feststellung eines Kurzschlusses die Regelung des Targetstromes abgeschaltet wird.

LEINE & WAGNER

PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT & TRADEMARK ATTORNEYS

Dipl.-Ing. Sigurd Leine
Dipl.-Ing. Carsten Wagner

Burckhardtstraße 1
D-30163 Hannover

Telefon (05 11) 62 30 05
Telefax (05 11) 62 21 05

Unser Zeichen

Datum

feinfocus Röntgen-Systeme GmbH

970/003 06.11.2003

cw/ze

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Mikrofocus-Röntgeneinrichtung (2), die eine Röntgenröhre (4), die ein Target (6) aufweist, Mittel zur Beaufschlagung des Targets (6) mit einem Targetstrom und Mittel zur Regelung der Intensität (Dosisrate) der erzeugten Röntgenstrahlung aufweist. Erfindungsgemäß weisen die Mittel zur Regelung der Intensität der Röntgenstrahlung (20) Mittel zur Regelung eines Parameters des Targetstromes, insbesondere der Stromstärke des Targetstromes, auf. Auf diese Weise ist die Intensität der erzeugten Röntgenstrahlung mit hoher Zuverlässigkeit und Genauigkeit regelbar.

Hinweis Zeichnung